

## INTERCOMPARACION DE CÁLCULO DE AISLAMIENTO ENTRE RECINTOS SEGÚN LA UNE EN ISO 12354.

### 1er Round Robin de la Asociación Catalana de Consultores Acústicos

PACS: 43.15 S+

Hector Maristany, Ivana Rossell  
Asociación Catalana de Consultores Acústicos  
Asturias 11, 2º-1ª  
08012 Barcelona  
E-mail: president@consultorsacustics.cat; info@consultorsacustics.cat

## RESUMEN

El documento básico de protección frente al ruido DB-HR del Código Técnico de la Edificación, adopta las ecuaciones de la normativa UNE EN ISO 12354 para el cálculo del aislamiento a ruido aéreo y ruido de impactos entre recintos. Para la realización de dichos cálculos son necesarios datos acústicos de los elementos constructivos y cierto criterio del que los realiza, pues la normativa es una simplificación y no prevé todas las opciones reales. Dado que el proceso supone incertidumbre y lógicas desviaciones, la Asociación Catalana de consultores Acústicos (ACCA) propuso una intercomparación de cálculo de una situación real para evaluar la dispersión entre datos de entrada (dadas unas definiciones realistas de elementos constructivos), y la dispersión de resultados según el software de cálculo y el usuario del mismo. Esto se realizó para 3 casos, contando con 12 laboratorios, y comparando valores globales en los 12 casos. El siguiente artículo presenta los resultados y realiza una reflexión sobre las dispersiones y convergencias obtenidas en la intercomparación.

## 1.- OBJETO

Con la reciente aprobación del CTE DB HR, y para justificar, por la Opción General de cálculo, el cumplimiento del mismo, los consultores e ingenierías acústicas se ven obligados a utilizar la formulación de la UNE EN ISO 12354.

Para la aplicación de la UNE EN ISO 12354, a partir de una solución constructiva (forjados, pavimentos flotantes, falsos techos, cerramientos verticales, trasdosados,...) y una geometría definidas, tenemos 4 variables que introducen incertidumbre en el resultado.

En primer lugar la masa (Kg/m<sup>2</sup>) y características acústicas de los elementos constructivos (R, ?R, L, ?L, etc...). El valor de estos parámetros varía en función de la base de datos utilizada por cada participante: fichas técnicas de fabricantes del producto (con ensayos más o menos fiables), bases de datos de ministerio, base de datos ITEC, bibliografía, ensayos propios, etc...

En segundo lugar la determinación o elección de los índices  $K_{ij}$  para la unión de los elementos constructivos.

En tercer lugar el software o herramienta de cálculo utilizado: hojas cálculo Ministerio, software comerciales (Bastian, dBKaisla, Acoubat, CYPE, SonoArchitec, ...), hojas de cálculo propias,...

Y por último la experiencia o criterios del técnico.

Esta combinación de variables dará, lugar, a buen seguro, a una dispersión de resultados ( $D_{nT}$ ,  $L_{nT}$ ) importante.

El objeto de la intercomparación realizada desde la Asociación Catalana de Consultores Acústicos, es poner de manifiesto la fiabilidad y robustez del sistema de cálculo proporcionado por la UNE EN ISO 12354, y valorar la dispersión de resultados de aislamiento entre recintos, tanto a ruido aéreo como a ruido de impactos.

Para completar el ejercicio, y aprovechando que el ejercicio planteado es de una edificación existente, se han comparado los valores promedio (y su desviación tipo) obtenidos por cálculo (UNE EN ISO 12354) con los valores reales medidos (UNE EN ISO 140).

## 2.- METODOLOGÍA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El ejercicio de intercomparación se ha planteado en dos fases:

Una primera fase para evaluar todo el sistema de cálculo, desde la selección de los parámetros de entrada ( $m$ ,  $R_A$ ,  $L_{nT}$ ,  $\Delta R_A$ ,  $\Delta L_{nT}$ ) hasta obtener el aislamiento entre recintos ( $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L_{nTW}$ ).

Los valores globales de entrada ( $m$ ,  $R_A$ ,  $L_{nT}$ ,  $\Delta R_A$ ,  $\Delta L_{nT}$ ) y los resultados ( $D_{nT}$ ,  $L_{nTW}$ ,  $R'_A$ ), se someten al Test de Box-Whisker para eliminar valores anómalos, y con los datos aceptados como correctos se calcula la Mediana Aritmética y la Desviación Típica. Estos dos parámetros sirven para determinar el valor de consenso y conocer la reproductibilidad entre laboratorios.

Test de Box – Whisker:

- cálculo de la mediana, percentil 25% (Q25) y percentil 75% (Q75)
- $d = Q75 - Q25$
- Limite Superior:  $LS = Q75 + 1,5 d$  Limite Inferior  $LI = Q25 - 1,5d$
- Se consideran anómalos los valores que quedan fuera del intervalo  $LI - LS$

La segunda fase del ejercicio planteado trata de evaluar, únicamente, el software/herramienta de cálculo, para ello, partiendo de unos datos de entrada ( $m$ ,  $R_A$ ,  $L_{nT}$ ,  $\Delta R_A$ ,  $\Delta L_{nT}$ ) facilitados por la organización y iguales para todos los participantes, estos deben calcular el aislamiento ( $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L_{nTW}$ ).

Las dos fases del ejercicio se han realizado, únicamente, en niveles globales, no en bandas de tercio de octava..

## 3.- PARTICIPANTES Y SOFTWARES DE CALCULO

El ejercicio ha sido realizado por 12 laboratorios/consultores. Cada consultor ha realizado 3 casos de cálculo de aislamiento entre recintos, determinando en cada caso :  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L_{nTW}$ .

Los sistemas de cálculo utilizado por los participantes ha sido: 3 participantes con software propio, 2 participantes con ACUBAT, 2 participantes con BASTIAN, 2 participante con SONOARCHITEC, 1 participante con CYPE, 1 participante con dBKAISLA, 1 participante con htas. del Ministerio.

#### 4.- ENUNCIADO

Partiendo de una geometría de recintos y unas soluciones constructivas, calcular el aislamiento de 3 casos:

- Caso 1: cálculo de aislamiento entre recintos verticales de diferente unidad de Uso (Sala):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L'_{ntW}$ .
- Caso 2: cálculo de aislamiento entre recintos horizontales de la misma unidad de Uso (habitación 2 - 3):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L'_{ntW}$ .
- Caso 3: cálculo de aislamiento entre recintos horizontales de diferente unidad de Uso (habitaciones 2):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L'_{ntW}$ .



Elementos constructivos

Fachada 30cm	Enfoscado Ladrillo cerámico perforado 14cm (gero) Cámara aire Proyectado poliuretano Tabique cerámico doble perforado 7cm (tochana) Enyesado
Pared separación entre Unidades de Uso	Enyesado Ladrillo cerámico perforado 14cm (gero) Panel Lana Roca 70Kg/m <sup>3</sup> 40mm Tabique cerámico doble perforado 7cm (tochana) Enyesado
Tabique separación dentro de una Unidad de Uso	Enyesado Tabique cerámico doble perforado 7cm (tochana) Enyesado
Forjados	Parket flotante Lamina polietileno reticulado 5mm Capa de mortero de nivelación 0 – 5cm Forjado reticular 25cm de

Para el cálculo de la FASE II del ejercicio, todos los participantes utilizaron los siguientes datos:

<b>CASO 1</b>		<b>m</b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nT</sub></b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nt</sub></b>	
<b>Elemento constructivo</b>							
<b>Elemento separador</b>		352	53	80			Forjado
Revestimiento emisor	recinto				0	17	Suelo Flotante
Revestimiento receptor	recinto						
<b>Elemento F1=f1</b>		65	37				Tabique interior
Revestimiento emisor	recinto						
Revestimiento receptor	recinto						
<b>Elemento F2=f2</b>		143	45				Fachada
Revestimiento emisor	recinto	65			4		Trasdosado
Revestimiento receptor	recinto	65			4		trasdosado
<b>Elemento F3=f3</b>		143	45				Fachada
Revestimiento emisor	recinto	65			4		Trasdosado
Revestimiento receptor	recinto	65			4		trasdosado
<b>Elemento F4=f4</b>		65	37				Tabique interior
Revestimiento emisor	recinto						
Revestimiento receptor	recinto						

<b>CASO 2</b>		<b>m</b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nT</sub></b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nt</sub></b>	
<b>Elemento constructivo</b>							
<b>Elemento separador</b>		65	37				Tabique interior
Revestimiento	recinto emisor						
Revestimiento	recinto receptor						
<b>Elemento F1=f1</b>		352	53	80			Forjado
Revestimiento	recinto emisor				0	17	Suelo Flotante
Revestimiento	recinto receptor				0	17	Suelo Flotante
<b>Elemento F2=f2</b>		352	53	80			Forjado
Revestimiento	recinto emisor				0	17	Suelo Flotante
Revestimiento	recinto receptor				0	17	Suelo Flotante
<b>Elemento F3=f3</b>		65	37				Tabique interior
Revestimiento	recinto emisor						
Revestimiento	recinto receptor						
<b>Elemento F4=f4</b>		143	45				Fachada
Revestimiento	recinto emisor	65			4		Trasdosado
Revestimiento	recinto receptor	65			4		trasdosado

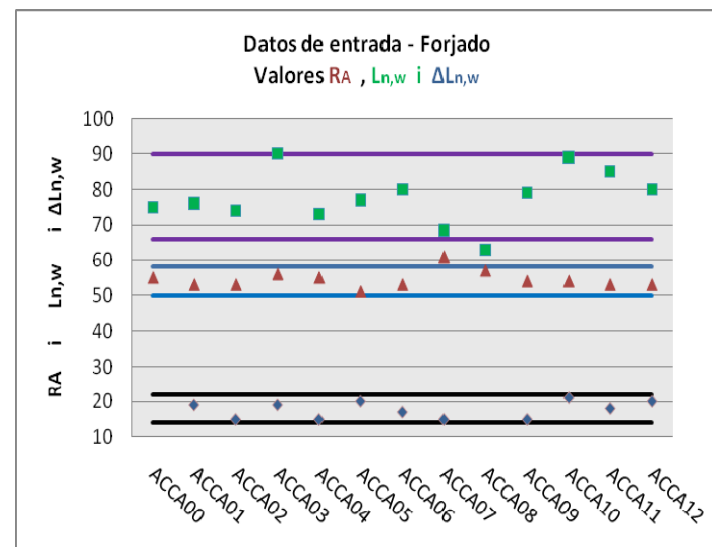
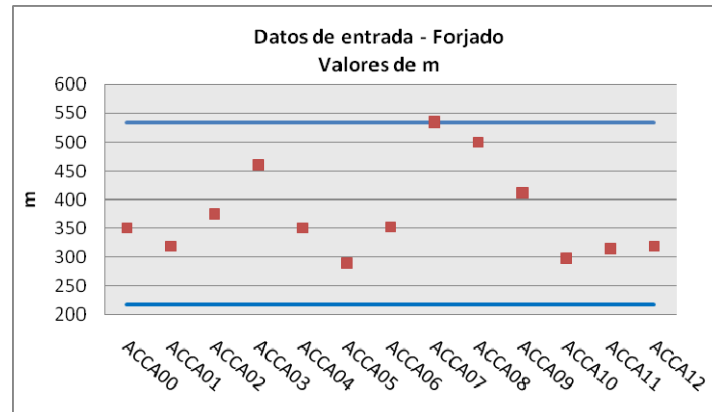
<b>CASO 3</b>		<b>m</b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nT</sub></b>	<b>R<sub>A</sub></b>	<b>L<sub>nt</sub></b>	
<b>Elemento constructivo</b>							
<b>Elemento separador</b>		208	50				Tabique entre vecinos
Revestimiento	recinto emisor						
Revestimiento	recinto receptor						
<b>Elemento F1=f1</b>		352	53	80			Forjado
Revestimiento	recinto emisor				0	17	Suelo Flotante
Revestimiento	recinto receptor				0	17	Suelo Flotante
<b>Elemento F2=f2</b>		352	53	80			Forjado
Revestimiento	recinto emisor				0	17	Suelo Flotante
Revestimiento	recinto receptor				0	17	Suelo Flotante
<b>Elemento F3=f3</b>		65	37				Tabique interior
Revestimiento	recinto emisor						
Revestimiento	recinto receptor						
<b>Elemento F4=f4</b>		143	45				Fachada
Revestimiento	recinto emisor	65			4		Trasdosado

Revestimiento recinto receptor	65			4		Trasdosado
--------------------------------	----	--	--	---	--	------------

## 5.- RESULTADOS

### 5.1- Fase I

Características del elemento separación horizontal (Forjado):  $m$ ,  $R_A$ ,  $L_{n,T}$ ,  $\Delta L_{n,T}$

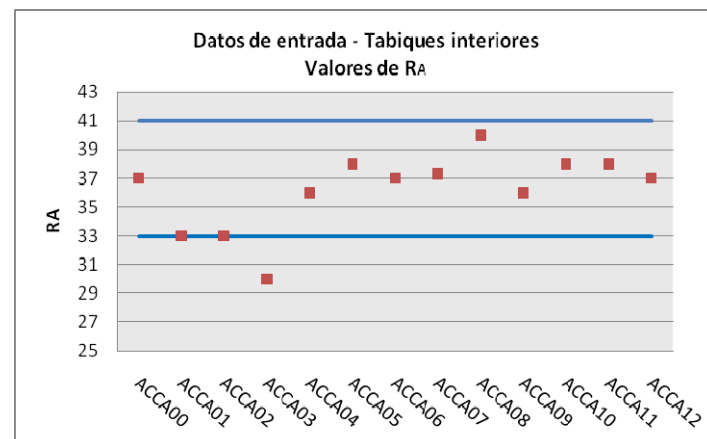
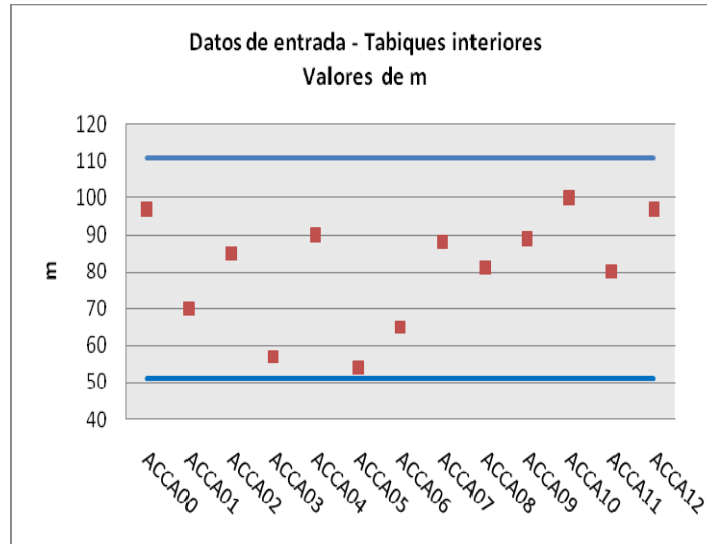


Test Box Whisker: En cada gráfico, las líneas indican el Límite Superior (LS =  $Q_{75} + 1,5d$ ) y Límite Inferior (LI =  $Q_{25} - 1,5d$ ). Se consideran anómalos los valores que quedan fuera del intervalo LI – LS.

Resultado:

Forjado	Mediana	Desviación tipo
$m$ Kg/m <sup>2</sup>	375	79
$R_A$ dB(A)	54	2
$L_{n,w}$	78	6
$R_A$ dB(A)	1	2
$L_{n,w}$	18	2

Características del elemento separación vertical: Tabique separación dentro de una Unidad de Uso: m,  $R_A$

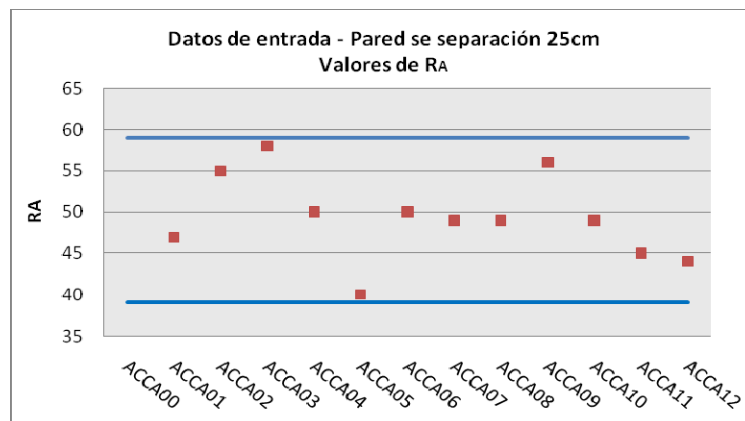
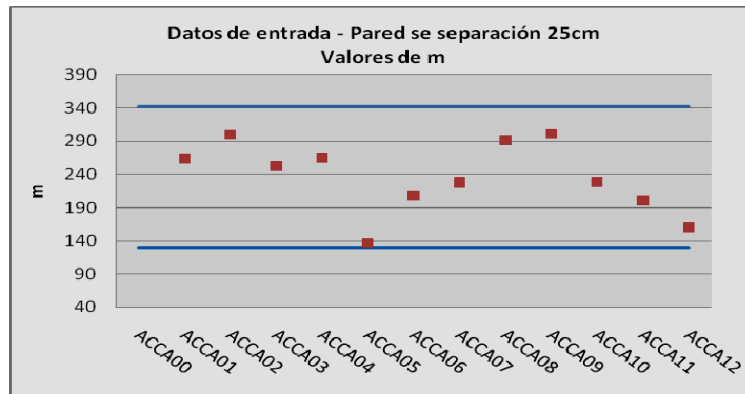


Test Box Whisker: En cada gráfico, las líneas indican el Límite Superior ( $LS = Q_{75} + 1,5 d$ ) y Límite Inferior ( $LI = Q_{25} - 1,5d$ ). Se consideran anómalos los valores que quedan fuera del intervalo  $LI - LS$ .

Resultado:

Tabique	Mediana	Desviación tipo
m $Kg/m^2$	81	15
$R_A$ dB(A)	37	2

Características del elemento separación vertical: Pared separación entre Unidades de Uso: m,  $R_A$



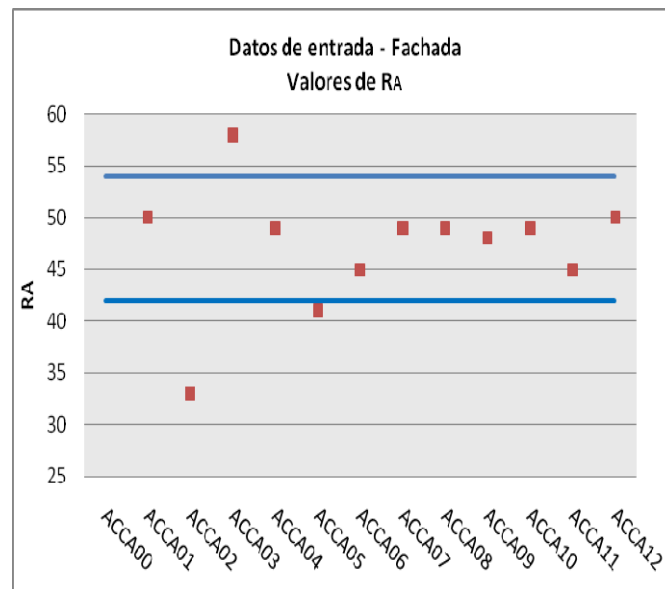
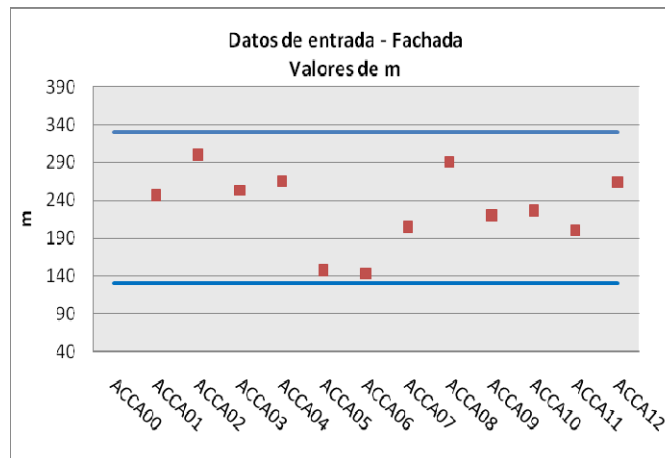
Test Box Whisker: En cada gráfico, las líneas indican el Límite Superior ( $LS = Q_{75} + 1,5 d$ ) y Límite Inferior ( $LI = Q_{25} - 1,5d$ ). Se consideran anómalos los valores que quedan fuera del intervalo  $LI - LS$ .

Resultado:

Pared separación	Mediana	Desviación tipo
m $Kg/m^2$	236	53
$R_A$ dB(A)	49	5



Características del elemento separación vertical: Fachada



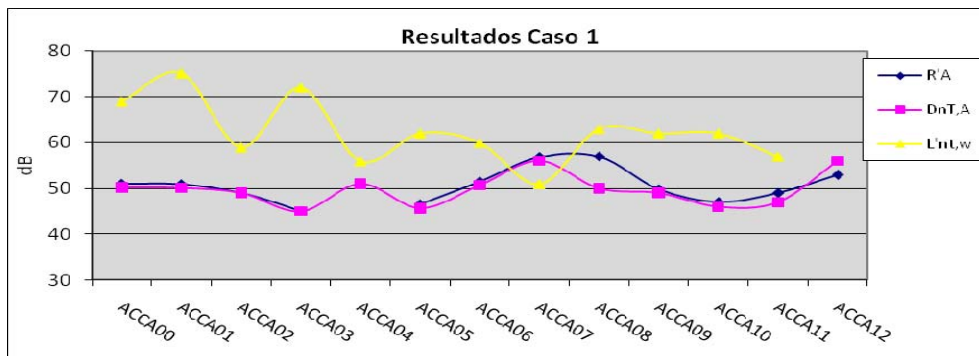
Test Box Whisker: En cada gráfico, las líneas indican el Límite Superior (LS =  $Q_{75} + 1,5 d$ ) y Límite Inferior (LI =  $Q_{25} - 1,5d$ ). Se consideran anómalos los valores que quedan fuera del intervalo LI – LS.

Resultado:

Fachada	Mediana	Desviación tipo
m Kg/m <sup>2</sup>	230	50
R <sub>A</sub> dB(A)	48	3

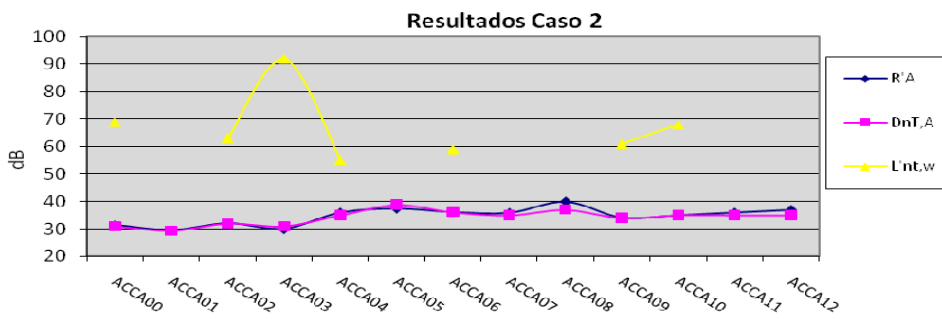
Resultados de cálculo de aislamiento para cada caso:

- Caso 1: cálculo de aislamiento entre recintos verticales de diferente unidad de Uso (Sala):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ ,  $L'_{ntw}$ .



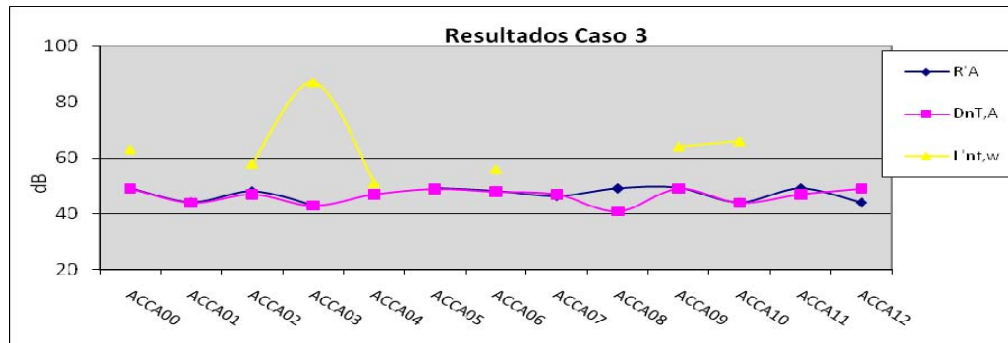
Caso 1	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	50,0	3,3
$D_{nT,A}$	49,7	3,4
$L'_{ntw}$	61,2	5,8

- Caso 2: cálculo de aislamiento entre recintos horizontales de la misma unidad de Uso (habitación 2 - 3):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$ .



Caso 2	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	34,7	3,1
$D_{nT,A}$	34,2	2,6
$L'_{ntw}$	62,5	5,4

- Caso 3: cálculo de aislamiento entre recintos horizontales de diferente unidad de Uso (habitaciones 2):  $D_{nT,A}$ ,  $R'_A$



Caso 3	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	46,9	2,5
$D_{nT,A}$	46,4	2,6
$L'_{ntw}$	59,7	5,7

Como el ejercicio planteado se corresponde con una edificación real, sobre la que se han podido realizar medidas de aislamiento de acuerdo con la UNE EN ISO 140, se presenta a continuación la comparativa entre los resultados de las medidas in situ y la mediana obtenida con el cálculo de acuerdo con ISO 12354:

	Medida in situ Dnt (C; Ctr)	Medida in situ DnT,A	Mediana +/- Desviación tipo DnT,A
Caso 1	49 (0; -3)	49	49,7 +/- 3,4
Caso 2	32 (-1; -4)	31	34,2 +/- 2,6
Caso 3	47 (-2; -6)	45	46,4 +/- 2,6

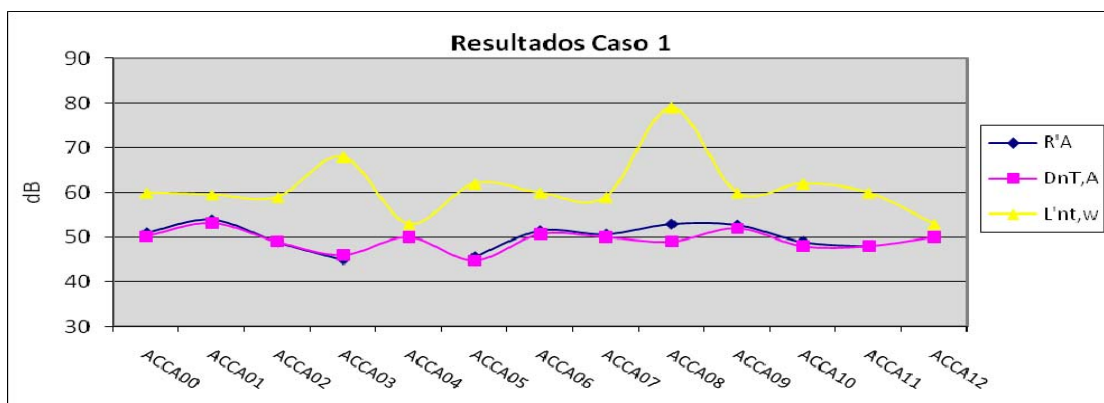
#### Conclusiones FASE I

Existe una gran dispersión en los datos de entrada de los elementos constructivos ( $m$ ,  $R_A$ ,...) debido a bases de datos de materiales diferentes. Sería recomendable obligar a los fabricantes a garantizar los resultados con ensayos de laboratorios acreditados y disponer de bases de datos fiables.

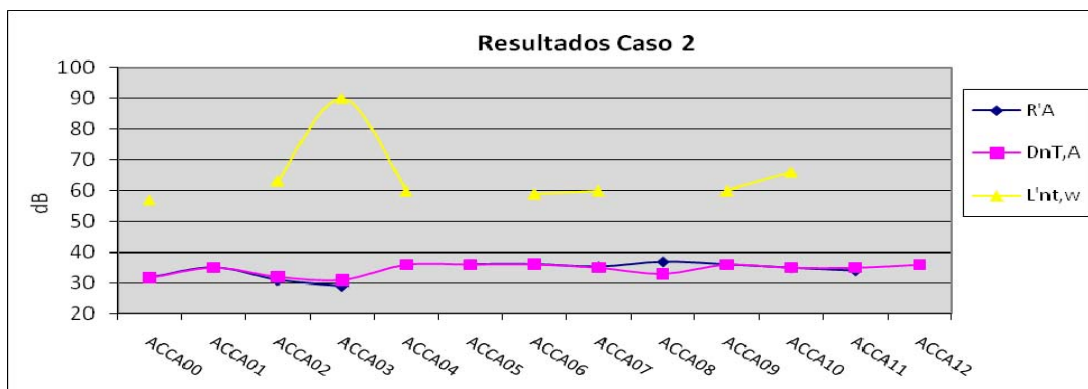
En nivel global los datos obtenidos mediante calculo, se aproximan bastante bien a los resultados de las medidas "in situ", pero si se tienen en cuenta la incertidumbre/tolerancia de las medidas "in situ" UNE EN ISO 140 (+/- 3 dB), las desviaciones puede resultar de hasta 6dB(A)

### 5.2.- Fase II

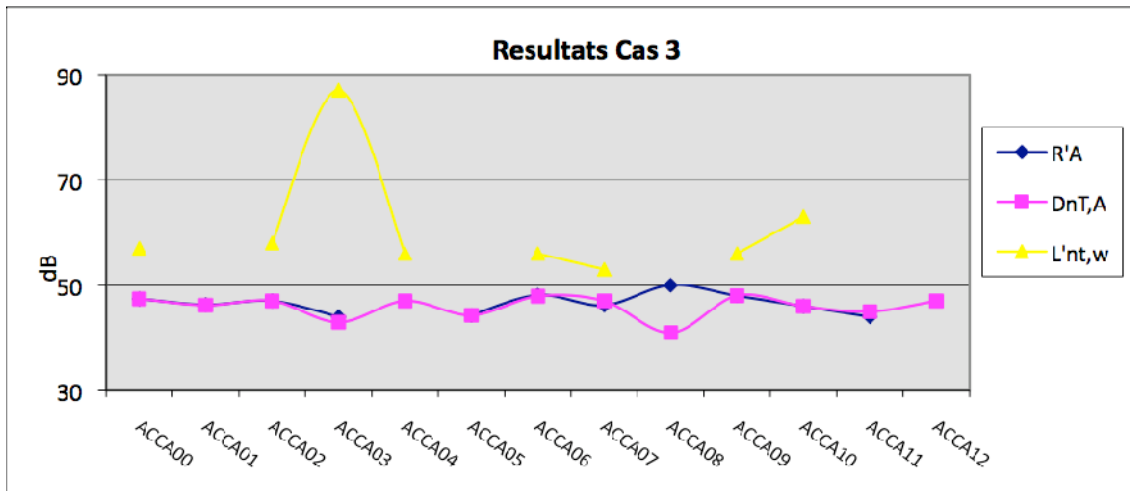
En esta segunda fase, los participantes calculan de nuevo todos los aislamientos pero partiendo de los mismos datos de salida ( $m$ ,  $R_A$ ,  $L_{nT}$ ,  $\Delta R_A$ ,  $\Delta L_{nT}$ ) facilitados por la organización. Los factores  $K_{ij}$  para la unión de elementos constructivos son determinados por cada laboratorio.



Caso 1	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	50,0	2,9
$D_{nT,A}$	49,3	2,3
$L'_{ntw}$	60,2	1,1



Caso 2	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	34,2	2,6
$D_{nT,A}$	34,4	1,9
$L'_{ntw}$	60,7	2,9



Caso 3	Mediana	Desviación tipo
$R'_A$	46,5	1,9
$D_{nT,A}$	45,9	2,1
$L'_{ntw}$	57,0	3,1

### Conclusiones FASE II

Aun partiendo de datos de entrada iguales para todos los participantes, las desviaciones obtenidas, debidas únicamente al sistema de cálculo y las Kij de unión entre elementos, siguen situándose, para el  $D_{nT,A}$ , entorno a 2dB(A).